

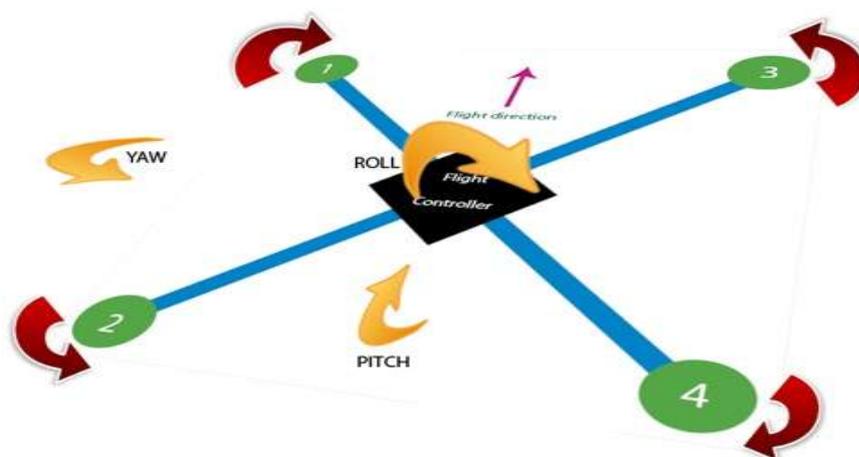
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Quadcopter*

Quadcopter merupakan pesawat tanpa awak yang memiliki empat buah motor dan baling-baling di tiap ujung-ujung kerangka utama. Bagian tengah digunakan untuk peletakkan, sistem kontrol, sensor dari *quadcopter*, dan sumber daya (baterai). Sistem kontrol digunakan untuk mengatur kecepatan tiap-tiap motor sesuai dengan gerakan yang diinginkan seperti bermanuver maju, mundur, kiri, kanan, atas, bawah, dan juga berotasi.

Tiap motor pada *quadcopter* bertanggung jawab dalam pergerakan dan energi putarannya, begitu juga dengan gaya tarikan yang berlawanan dari arah terbang *quadcopter*. Baling-baling pada *quadcopter* tidak sepenuhnya sama dalam pergerakannya. Pada prosesnya, baling-baling ini dibagi menjadi 2 pasang, 2 baling-baling pendorong dan 2 baling-baling pena-rik yang bergerak dalam putaran yang berlawanan. Sebagai konsekuensinya, hasil putaran menjadi penyeimbang jika semua baling-baling berputar dengan kecepatan sama, sehingga membuat kendaraan terbang dapat terbang stabil di satu tempat.



Gambar 2.1 Gerakan *quadcopter*

Sumber: <http://www.ioffer.com/img3/item/562/742/191/D0n24-axis-hj450-strong-smooth-kk-mk-mwc-quadcopter-bnf.jpg>. Diakses pada tanggal 3 juli 2014

2.2 Definisi Sensor

Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut Transduser. Pada saat ini, sensor tersebut telah dibuat dengan ukuran sangat kecil dengan orde nanometer. Ukuran yang sangat kecil ini sangat memudahkan pemakaian dan menghemat energi.

Sensor adalah peranti (*device*) yang berfungsi untuk mengindra (*to sense*) besaran fisik. Beberapa besaran yang termasuk besaran fisik antara lain posisi dan turunannya (kecepatan dan percepatan) baik translasi maupun rotasi, temperatur, tegangan, regangan, tekanan, kecepatan alir/debit aliran, gelombang suara/ultrasonik, dan intensitas cahaya.

2.3 Tinjauan Perangkat Keras *Quadcopter*

Untuk membuat *quadcopter* dapat terbang sedemikian rupa, digunakan beberapa komponen. Berikut adalah komponen – komponen pada *quadcopter*.

2.3.1 Aktuator

Aktuator merupakan perangkat elektromekanik yang menghasilkan daya gerakan. Dapat dibuat dari sistem motor listrik, sistem *pneumatic* atau perangkat hidrolis. Aktuator yang digunakan pada *quadcopter* sebagai penghasil gerakan yaitu salah satunya *brushless motor*.

2.3.1.1 Motor *Brushless*

Quadcopter membutuhkan penggerak berupa baling-baling yang diputar oleh motor. Spesifikasi yang harus dipenuhi oleh sistem gerak ini adalah torsi, efisiensi, dan getaran yang ditimbulkan oleh berputarnya motor dan baling-baling. Motor dengan getaran yang terlalu besar dapat mengganggu sensor-sensor yang digunakan pada *quadcopter*. Efisiensi motor berkaitan dengan durabilitas terbang dari *quadcopter*, mengingat sumber daya (*battery*) yang digunakan terbatas.

Motor *brushless* memiliki beberapa kelebihan yaitu: efisiensi tinggi, kecepatan dan torsi yang tinggi, respons dinamis yang tinggi, dan masa operasi yang panjang.



Gambar 2.2 Motor *brushless*

Sumber: <http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/catalog/TR3542-1000.jpg>. Diakses pada tanggal 29 Juni 2014

Keuntungan dari *brushless* motor sebagai berikut:

1. Komputer dapat mengatur kecepatan motor lebih baik sehingga membuat *brushless motor* lebih efisien.
2. Tidak adanya *storing/electrical noise*.
3. Tidak menggunakan *brushes* yang dapat rusak setelah lamanya pemakaian.
4. Dengan posisi *electromagnets* di bagian *stator*, maka pendinginan motor menjadi lebih mudah.
5. Jumlah *electromagnets* di *stator* dapat sebanyak mungkin untuk mendapatkan kontrol yang lebih akurat.

Motor *brushless* yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- *Battery*: 2~4 Cell /7.4~14.8V

- RPM: 1100kv
- *Max current*: 18A
- *No load current*: 1A
- *Max power*: 336W
- *Internal resistance*: 0.107 ohm
- *Weight*: 70g (including connectors)
- *Diameter of shaft*: 4mm
- *Dimensions*: 28x36m
- *Prop size*: 7.4V/11x7 14.85V/7x3
- *Max thrust*: 1130g

2.3.1.2 *Electronic Speed Controller (ESC)*

ESC (*Elektronik Speed Control*) yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan motor, selain itu juga berfungsi untuk menaikkan jumlah arus yang diperlukan oleh motor. ESC dapat dikatakan juga sebagai *Drive* motor dengan mengeluarkan pulsa untuk *brushless* motor yang berasal dari mikrokontroler.



Gambar 2.3 *ESC (Electronic Speed Controller)*

Sumber: <http://www.buildlog.net/blog/wp-content/uploads/2013/12/TR-P30A.jpg>.

Diakses pada tanggal 9 Juni 2014

2.3.2 Baling – Baling (*Propeller*)

Baling-baling adalah alat yang mengubah gerak putar menjadi daya dorong. Daya dorong inilah yang dimanfaatkan *quadcopter* sebagai penghasil daya dorong utama. Bilah-bilah dari *propeller* berperan sebagai sayap yang berputar menghasilkan sebuah perbedaan tekanan antara permukaan depan dan belakang bilah tersebut.

Ada beberapa parameter penting yang dimiliki *propeller* pada *RC aeromodelling*. Parameter-parameter ini bisa dijadikan pedoman untuk memilih baling-baling sesuai kebutuhan:

1. Diameter dan *pitch*

Semua baling-baling RC yang tersedia memiliki 2 buah ukuran, yaitu diameter dan *pitch*. Diameter dihitung berdasarkan diameter lingkaran yang dibentuk saat baling-baling berputar. Sedangkan *pitch* merupakan jarak yang ditempuh oleh baling-baling jika diputar 1 putaran penuh. Semakin panjang diameter dan *pitch* baling-baling semakin banyak pula udara yang disapu dan semakin besar pula daya dorong yang dihasilkan. Tapi diameter dan *pitch* dari baling-baling ini harus disesuaikan dengan motor dan sumber daya yang digunakan. Satuan dari diameter dan *pitch* dari baling-baling adalah inch. Baling-baling dengan ukuran 10x4.5 memiliki diameter 10 inch dan *pitch* 4.5 inch

2. Jumlah bilah

Umumnya jumlah bilah pada baling-baling RC *aeromodelling* adalah 2 bilah. Tetapi ada yang menggunakan 3 bilah dan 4 bilah. Semakin banyak bilah pada baling-baling menyebabkan semakin banyak udara yang disapu sehingga menghasilkan daya dorong yang lebih besar. Semakin banyak bilah juga menuntut motor dengan torsi yang lebih besar. Biasanya penambahan jumlah bilah bertujuan untuk memperkecil diameter baling-baling, tentunya untuk menghasilkan performa yang sama (dengan motor yang sama) *pitch*-nya harus dikurangi.



Gambar 2.4 *Propeller* dengan berbagai bilah

Sumber: http://www.troybuiltmodels.com/ns/images/items/biela/biela_4blade.jpg.

Diakses pada tanggal 9 Juni 2014

3. Arah putar

Dengan arah gaya dorong yang sama, baling-baling RC *aeromodelling* memiliki dua jenis arah putaran; searah jarum jam (*CW, clockwise*) dan berkebalikan arah jarum jam (*CCW, counter clockwise*). Arah putar ini menentukan *yawing moment* yang dihasilkan dari baling-baling. Pada *quadcopter*, dibutuhkan sepasang baling baling *CW* dan *CCW* agar *yawing moment* dapat saling menghilangkan.



Gambar 2.5 *Propeller* dengan 2 bilah

Sumber: http://www.troybuiltmodels.com/ns/images/items/biela/biela_2blade.jpg.

Diakses pada tanggal 9 Juni 2014

2.3.3 *Flight Controller*

Flight Controller adalah *singlet Board* mikrokontroler di mana di sini terletak berbagai komponen-komponen penting meliputi mikrokontroler Atmega 328 dan sensor *gyroscope* dan *accelerometer*. Pada *flight controller* di sini digunakan *Board Multiwii v2.5*.

Multiwii sendiri adalah kode proyek sumber terbuka yang berjalan di *Arduino bootloader* berbasis papan untuk perangkat multirotor. Pada awalnya *Multiwii* dikembangkan untuk mendukung konsol *gyroscope* dan *accelerometer* pada *Nintendo Wii*. Setelah melalui beberapa perkembangan sekarang *Multiwii* dapat mendukung berbagai penggunaan sensor seperti *magnetometers*, *digital barometer*, *gps*, dan sonar. Maka dari itu fitur-fitur pelengkap ini dapat diterapkan pada perangkat penerbangan agar dicapai penerbangan yang stabil.

Perbedaan utama *Multiwii* dengan proyek *open source* lainnya adalah kode ini tidak terkait dengan produk komersial. Ini berarti kode yang dimasukkan dapat pada mikrokontroler dapat di *upgrade* dan di atur ulang tanpa harus meng-*upgrade* perangkat kerasnya yang justru akan memakan biaya.

Multiwii kode juga GUI (*Graphical User Interface*) sehingga perangkat *multiwii* dapat menghubungkan *controller quadcopter* ke *mac*, *personal computer (pc)* atau *linux* untuk *tuning* parameter, mengkonfigurasi *switch* posisi, dan lain-lain.



Gambar 2.6 *Multiwii v2.5*

Sumber: http://www.goodluckbuy.com/images/detailed_images/sku_87700_2.jpg.

Diakses pada tanggal 9 Juni 2014

2.3.4 Remote Control (RC)

Remote control adalah sebuah alat elektronik yang digunakan untuk mengoperasikan sebuah mesin dari jarak jauh. *Remote* juga menjadi bagian yang berinteraksi langsung dengan pengguna untuk memberikan sinyal perintah-perintah untuk menggerakkan *quadcopter* dalam arah gerakan arah naik, turun, maju, mundur, kiri dan kanan.



Gambar 2.7 *Remote control*

Sumber: <http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/catalog/HK-T6XV2-M1%282%29.jpg>. Diakses pada tanggal 19 Juni 2014

2.4 *Attitude Heading Reference System (AHRS)*

Informasi orientasi pesawat sangat penting untuk diketahui oleh sistem pengendali utama *quadcopter*. Informasi ini akan menjadi sumber masukan bagi pengendali utama untuk mengendalikan kecepatan motor demi mempertahankan sudut orientasi yang telah ditentukan.

Untuk mengetahui orientasi pesawat dalam ruang, *Quadcopter* membutuhkan sebuah piranti elektronik yang disebut *Attitude Heading Reference System* (AHRS). AHRS merupakan integrasi dari beberapa sensor dan menggunakan perhitungan tertentu untuk memadukan data dari sensor-sensor tersebut.

2.4.1 **Akselerometer**

Akselerometer adalah sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan atau perubahan kecepatan terhadap waktu. Sensor ini dipasang bersama benda yang akan diukur akselerasinya, seperti mengukur perubahan kecepatan roket yang meluncur atau digunakan untuk analisis getaran (*vibration analysis*) pada mesin, serta digunakan untuk mendeteksi gerak dan kemiringan pada *smart phone*.

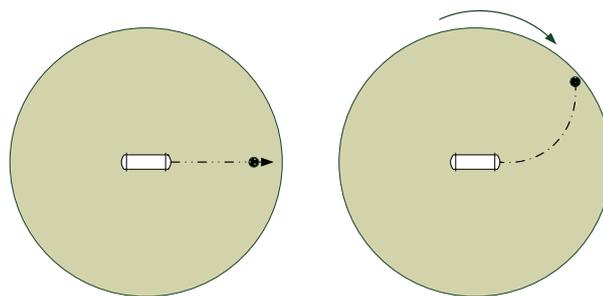
Pada aplikasinya dalam AHRS, akselerometer digunakan sebagai sensor pendeteksi arah percepatan gravitasi yang nantinya akan diolah menjadi sudut kemiringan pesawat terhadap bidang horisontal permukaan bumi.

2.4.2 Giroskop Elektronik

Sensor giroskop adalah sensor yang dapat mengukur kecepatan angular dari sebuah objek di mana sensor ini terpasang. Sensor ini sering digunakan pada sistem navigasi pesawat untuk menentukan arah hadap.

Ada banyak metode untuk mendeteksi kecepatan sudut, antara lain *vibrating ring gyroscope*, *tuning fork gyroscope*, *macro laser ring gyroscope* dan *piezoelectric plate gyroscope*. Metode yang paling banyak digunakan dan diproduksi sampai sekarang adalah giroskop garpu tala Draper (*Draper tuning fork*).

Giroskop garpu tala dibuat dengan memanfaatkan resonansi dari dua buah resonator yang bergetar yang disebabkan oleh efek Coriolis. Efek Coriolis adalah defleksi yang timbul pada kerangka acuan rotasi yang besarnya berbanding lurus dengan kecepatan rotasi. Fenomena ini dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 2.8 Meriam pada piring besar yang berputar

Misal ada sebuah meriam pada pusat sebuah piring besar yang dapat berputar seperti pada Gambar 2.6. Saat piring besar tersebut tidak berputar dan peluru ditembakkan dari pusat piring, pada umumnya peluru tersebut bergerak lurus dari pusat piring. Tetapi ketika piring besar

tersebut berputar dan meriam menembakkan sebuah peluru, maka peluru tersebut tidak memiliki lintasan lurus (seperti saat piring besar tidak berputar) tetapi berbelok. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh rotasi piring terhadap gerak dari peluru. Semakin cepat piring berputar, semakin besar pula pembelokan peluru yang terjadi. Fenomena inilah yang disebut dengan efek Coriolis.

2.5 Tinjauan Perangkat Lunak (*Software*)

2.5.1 *Arduino*

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah *chip* atau IC (*integrated circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai ‘otak’ yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik.

Mikrokontroler ada pada perangkat elektronik di sekeliling kita. Misalnya handphone, MP3 player, DVD, televisi, AC, dan lain-lain. Mikrokontroler juga dipakai untuk keperluan mengendalikan robot. Baik robot mainan, maupun robot industri. Karena komponen utama *Arduino* adalah mikrokontroler, maka *Arduino* pun dapat diprogram menggunakan komputer sesuai kebutuhan kita. *Arduino* memiliki beberapa kelebihan antara lain :

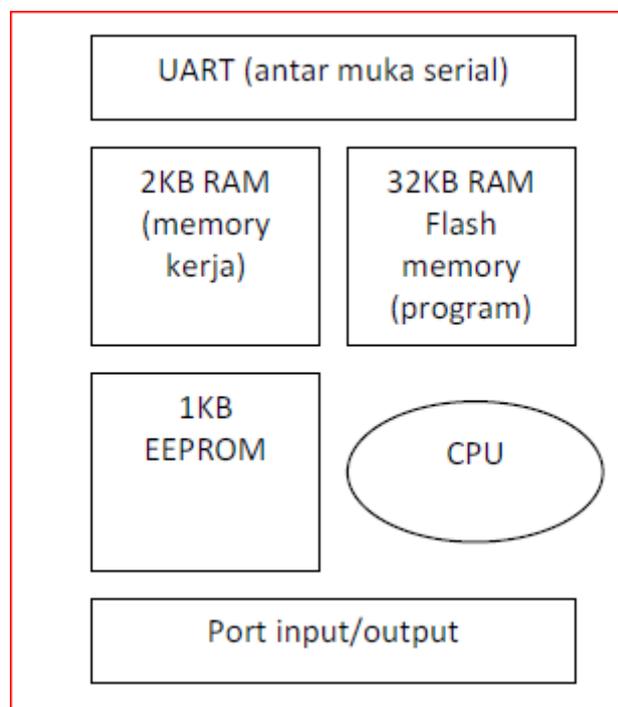
- Tidak perlu perangkat *chip programmer* karena di dalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari komputer.
- Sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki *port serial/RS323* bisa menggunakannya.

- Bahasa pemrograman relatif mudah karena *software Arduino* dilengkapi dengan kumpulan *library* yang cukup lengkap.
- Memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bisa ditancapkan pada *board Arduino*. Misalnya *shield GPS, Ethernet, SD Card*, dan lain-lain.

2.5.1.1 Komponen pada *Arduino*

Komponen utama di dalam papan *Arduino* adalah sebuah *microcontroller* 8 bit dengan merk Atmega yang dibuat oleh perusahaan *Atmel Corporation*. Berbagai papan *Arduino* menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh *Arduino Uno* menggunakan ATmega328 sedangkan *Arduino Mega2560* yang lebih canggih menggunakan ATmega2560.

Untuk memberikan gambaran mengenai apa saja yang terdapat di dalam sebuah *microcontroller*, pada gambar berikut ini diperlihatkan contoh diagram blok sederhana dari *microcontroller* ATmega328 (dipakai pada *Arduino Uno*).



Gambar 2.9 Diagram blok *arduino*

Blok-blok di atas dijelaskan sebagai berikut:

- *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART)* adalah antar muka yang digunakan untuk komunikasi serial seperti pada RS-232, RS-422 dan RS-485.
- 2KB RAM pada *memory* kerja bersifat *volatile* (hilang saat daya dimatikan), digunakan oleh variabel-variabel di dalam program.
- 32KB RAM *flash memory* bersifat *non-volatile*, digunakan untuk menyimpan program yang dimuat dari komputer. Selain program, *flash memory* juga menyimpan *bootloader*. *Bootloader* adalah program inisiasi yang ukurannya kecil, dijalankan oleh CPU saat daya dihidupkan. Setelah *bootloader* selesai dijalankan, berikutnya program di dalam RAM akan dieksekusi.
- 1KB EEPROM bersifat *non-volatile*, digunakan untuk menyimpan data yang tidak boleh hilang saat daya dimatikan. Tidak digunakan pada papan Arduino.
- *Central Processing Unit (CPU)*, bagian dari *microcontroller* untuk menjalankan setiap instruksi dari program.
- Port input/output, pin-pin untuk menerima data (input) digital atau analog, dan mengeluarkan data (output) digital atau analog.

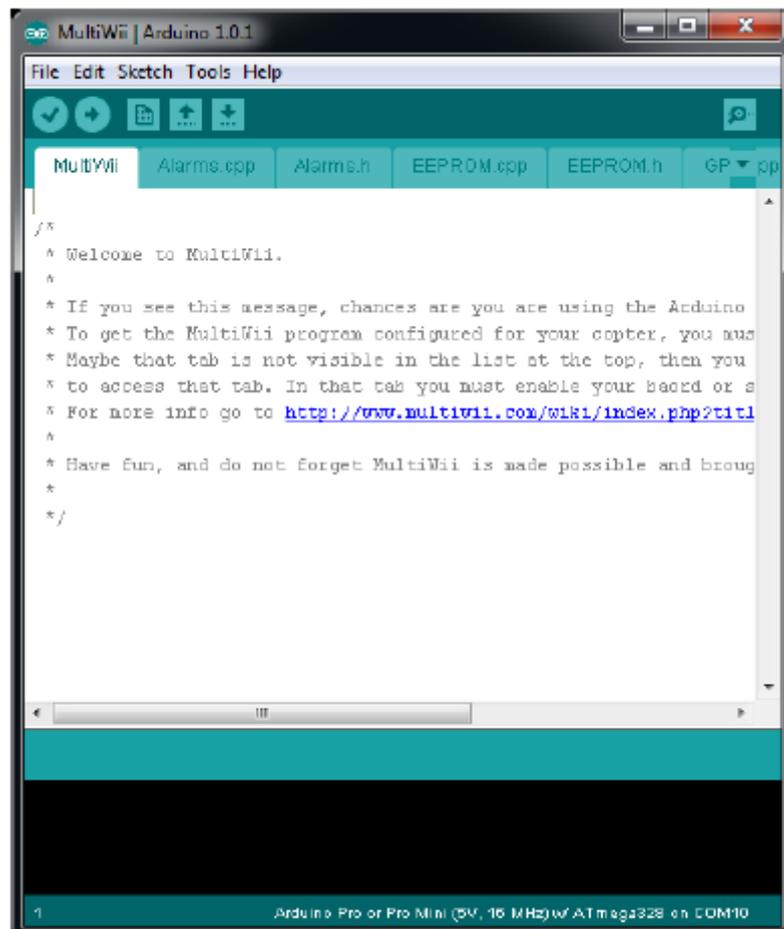
2.5.1.2 Software Arduino

Software Arduino yang digunakan dalam pemrograman ini adalah *Arduio IDE (Integrated Development Environment)*. IDE Arduino adalah software yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java. IDE Arduino terdiri dari:

- *Editor* program, sebuah *window* yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*.
- *Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa *Processing*. Yang bisa dipahami oleh

mikrokontroler adalah kode biner. Itulah sebabnya *compiler* diperlukan dalam hal ini.

- *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori dalam papan *Arduino*.



Gambar 2.10 *Arduino IDE Software*

2.5.2 *MultiWii WinGUI*

MultiWii Graphical Interface adalah perangkat lunak (*software*) komputer yang digunakan sebagai konfigurasi pengaturan pada perangkat *quadcopter*. Terdapat banyak fitur yang dapat digunakan pada *Interface* ini.



Gambar 2.11 Multiwii GUI

Pengaturan PID *quadcopter* juga dapat dilakukan pada *software* ini. Berikut adalah tampilan *PID configuration*.

2.6 Motor

2.6.1 Pengertian Motor

Motor listrik adalah sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Prinsip kerja pada motor listrik, yaitu tenaga listrik diubah menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet. Sebagaimana kita ketahui bahwa: kutub-kutub dari magnet yang senama akan tolak-menolak dan kutub-kutub tidak senama akan tarik menarik. Maka kita dapat memperoleh gerakan jika kita menempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar, dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap. Tri Sutrisno, Himawan., Borian, Pinto.: Kursi Roda Elektris. 2012.

2.6.2 Jenis-Jenis Motor

A. Motor AC

Motor arus bolak-balik menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik memiliki dua buah bagian dasar listrik: "*stator*" dan "*rotor*". Stator merupakan komponen listrik statis. Rotor merupakan komponen listrik yang berputar.

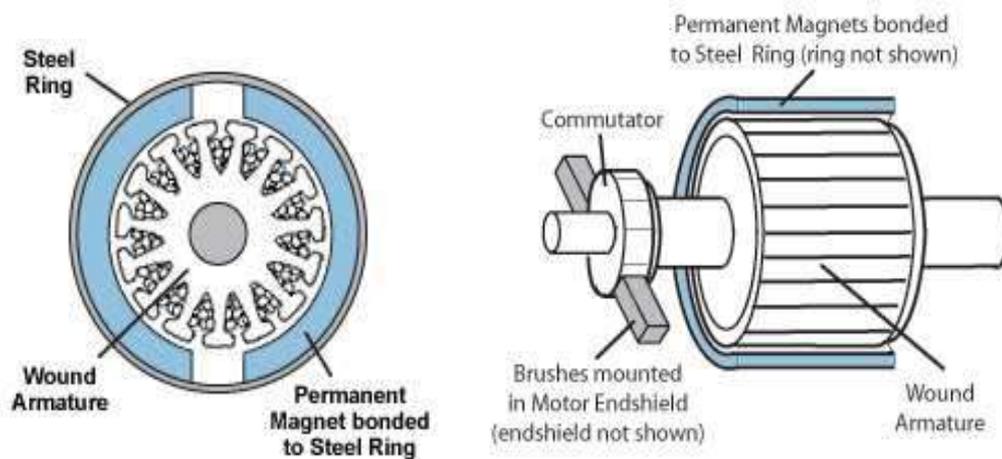
B. Motor DC

Motor arus searah (*Direct Current*), menggunakan arus langsung yang tidak langsung/*direct-unidirectional*. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalan torque yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.

Secara umum motor DC dibagi atas 2 macam, yaitu :

1. *Brushed Motor*

Motor DC dengan sikat yang berfungsi sebagai pengubah arus pada kumparan sedemikian rupa sehingga arah putaran motor akan selalu sama.



Gambar 2.12 Konstruksi Motor *Brushed*

Sumber: <http://www.orientalmotor.com/technology/articles/AC-brushless-brushedmotors.html>. Diakses pada tanggal 29 Juni 2014

2. Brushless Motor

Motor DC tanpa sikat (*brush*) menggunakan bahan semikonduktor untuk merubah maupun membalik arah putarannya untuk menggerakkan motor, serta tingkat kebisingan motor jenis ini rendah karena putarannya halus. Tri Sutrisno, Himawan., Borian, Pinto.: Kursi Roda Elektris. 2012.

BLDC motor atau dapat disebut juga dengan BLAC motor merupakan motor listrik *synchronous* AC 3 fasa. Perbedaan pemberian nama ini terjadi karena BLDC memiliki BEMF berbentuk *trapezoid* sedangkan BLAC memiliki BEMF berbentuk sinusoidal. Walaupun demikian keduanya memiliki struktur yang sama dan dapat dikendalikan dengan metode six-step maupun metode PWM. Dibandingkan dengan motor DC jenis lainnya, BLDC memiliki biaya perawatan yang lebih rendah dan kecepatan yang lebih tinggi akibat tidak digunakannya *brush*. Dibandingkan dengan motor induksi, BLDC memiliki efisiensi yang lebih tinggi karena rotor dan torsi awal yang, karena rotor terbuat dari magnet permanen. Walaupun memiliki kelebihan dibandingkan dengan motor jenis lain, metode pengendalian motor BLDC jauh lebih rumit untuk kecepatan dan torsi yang konsta, karena tidak adanya *brush* yang menunjang proses komutasi dan harga untuk motor BLDC jauh lebih mahal.

Secara umum motor BLDC terdiri dari dua bagian, yakni, *rotor*, bagian yang bergerak, yang terbuat dari permanen magnet dan *stator*, bagian yang tidak bergerak, yang terbuat dari kumparan 3 fasa. Walaupun merupakan motor listrik *synchronous* AC 3 fasa, motor ini tetap disebut dengan BLDC karena pada implementasinya BLDC menggunakan sumber DC sebagai sumber energi utama yang kemudian diubah menjadi tegangan AC dengan menggunakan inverter 3 fasa. Tujuan dari pemberian tegangan AC 3 fasa pada stator BLDC adalah menciptakan medan magnet putar stator untuk menarik magnet rotor.

Oleh karena tidak adanya *brush* pada motor BLDC, untuk menentukan *timing* komutasi yang tepat pada motor ini sehingga

didapatkan torsi dan kecepatan yang konstan, diperlukan 3 buah sensor *Hall* dan atau *encoder*. Pada sensor *Hall*, *timing* komutasi ditentukan dengan cara mendeteksi medan magnet *rotor* dengan menggunakan 3 buah sensor *hall* untuk mendapatkan 6 kombinasi *timing* yang berbeda, sedangkan pada *encoder*, *timing* ditentukan dengan cara menghitung jumlah *pole* (kutub) yang ada pada *encoder*.

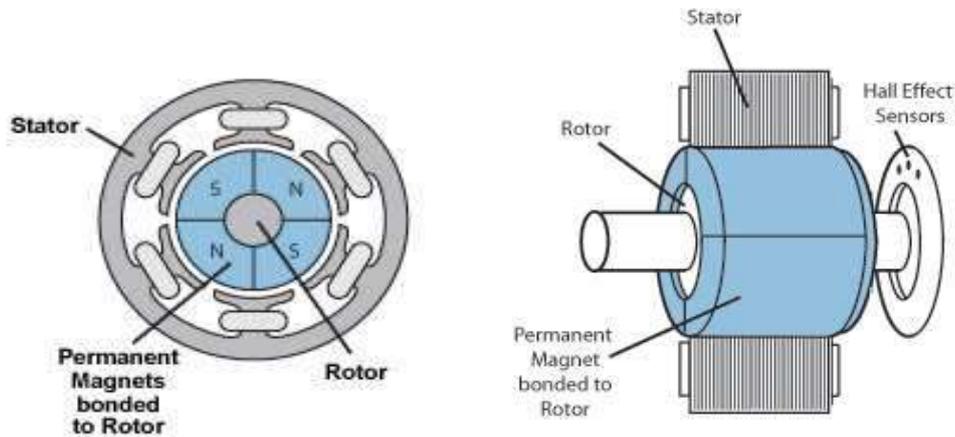
Pada umumnya *encoder* lebih banyak digunakan pada motor BLDC komersial karena *encoder* cenderung mampu menentukan *timing* komutasi lebih presisi dibandingkan dengan menggunakan sensor *hall*. Hal ini terjadi karena pada *encoder*, kode komutasi telah ditetapkan secara *fixed* berdasarkan banyak *pole* dari motor dan kode inilah yang digunakan untuk menentukan *timing* komutasi. Namun karena kode komutasi *encoder* ditetapkan secara *fixed* berdasarkan banyak *pole* motor, suatu *encoder* untuk suatu motor tidak dapat digunakan untuk motor dengan jumlah *pole* yang berbeda. Hal ini berbeda dengan sensor *hall*. Apabila terjadi perubahan *pole* rotor pada motor, posisi sensor *hall* dapat diubah dengan mudah. Hanya saja kelemahan dari sensor *hall* adalah posisi sensor *hall* tidak tepat akan terjadi kesalahan dalam penentuan *timing* komutasi atau bahkan tidak didapatkan 6 kombinasi *timing* yang berbeda.

Beberapa keuntungan brushless DC motor dengan motor DC dibandingkan dengan motor DC biasa, adalah:

1. Lebih tahan lama, karena tidak memerlukan perawatan terhadap sikapnya.
2. Memiliki tingkat efisiensi yang tinggi.
3. Torsi awal yang tinggi.
4. Kecepatan yang tinggi, tergantung pada kekuatan medan magnet yang dihasilkan oleh arus yang dibangkitkan dari kendali penggerakannya.

Walaupun brushless DC motor memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan motor DC biasa, pengendalian brushless DC motor lebih rumit untuk mengatur kecepatan dan torsi motor. Harga brushless DC motor juga cukup mahal jika dibandingkan dengan motor DC biasa.

Dharmawan, Abe. Pengendali Motor DC Brushless dengan Metode PWM Sinusoidal Menggunakan ATmega 16. 2009.



Gambar 2.13 Konstruksi Motor *Brushless* dengan *Sensor Hall*

Sumber: <http://www.orientalmotor.com/technology/articles/AC-brushless-brushedmotors.html>. Diakses pada tanggal 29 Juni 2014

Secara umum *brushless Motor* dibagi menjadi 2, yaitu *Sensored* dan *Sensorless*;

- *Sensored, brushless motor* jenis ini dilengkapi dengan *encoder* dan atau *hall effect sensor* yang berfungsi sebagai detektor pada medan magnet, *hall effect sensor* akan menghasilkan sebuah tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang diterima oleh sensor tersebut. Motor jenis ini memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dan lebih halus pergerakannya dibanding dengan motor *brushless sensorless*.
- *Sensorless, brushless motor* jenis ini tidak dilengkapi dengan *encoder* dan atau *hall effect sensor*, sehingga untuk mengetahui pergerakan dari motor jenis ini bias dilakukan dengan cara mendeteksi dari BEMF dan zero-crossing.

3. Serries Outrunner Brushless Motor

Yang dimaksud dengan *brushless* motor 1000kv itu adalah bukan output tegangannya yang mencapai 1000kv, melainkan seri atau type dari *brushless* motor tersebut, seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini.

Model	Volt	KV (rpm/v)	Max Pull	Weight	Motor Size	Shaft Size	Max Power	ESC	Battert/Prop
DC2830-8	7.4~15V	1300	930g	52g	φ28*30mm	φ3.175*45	275watt	30A	LiPox2/9x6 LiPox4/7x3
D2830-11		1000	890g				210watt		LiPox2/10x7 LiPox4/8x4
D2830-12		850	875g				187watt		LiPox2/11x7 LiPox4/8x6
D2830-14		750	866g				185watt		LiPox2/12x6 LiPox4/9x6

2.7 CCTV (Close Cicuit Television)

Pengertian kamera CCTV, Kamera CCTV adalah alat yang berfungsi sebagai perekam / pengambil gambar, ada beberapa tipe kamera yang membedakan dari segi kualitas, penggunaan dan fungsinya.

Dari segi kualitas gambar anda bisa meneliti / melihat besarnya resolusi yang ditampilkan kamera, untuk kamera analog menggunakan resolusi TVL, dan untuk kamera network menggunakan resolusi pixel.

Dari segi penggunaan dan keperluannya ada kamera outdoor untuk diluar ruangan dan kamera indoor untuk didalam ruangan, dan ada juga mini camdengan bentuk yang kecil maupun ada yang tersamar dengan benda lainnya, sehingga dapat disembunyikan dan sulit diketahui keberadaannya, karena bentuk Kamera Pengintai yang benar-benar berbeda dari CCTV Camera pada umumnya. Mini cam belum mempunyai memori penyimpanan tersendiri.



Gambar 2.14 Mini cam

Sumber: <http://www.ebay.com/itm/Mobius-ActionCam-Full-HD>. Diakses pada tanggal 1 juli 2014

Bentuk yg kecil memungkinkan disembunyikan. Dilengkapi dgn 6 mini Led INFRA & Mic, untuk Aplikasi cahaya minim (walaupun gelap total, switch to B/W) dan Mic dapat menangkap suara disekitar camera.

Jangkauan dari Camera ke Receiver +/-15mtr dan menggunakan gelombang Radio 1.2GHz sehingga dapat menembus dinding/tembok. Satu SET terdiri dari: Camera, Receiver, 2 Adaptor, Konektor Batt 9V, Kabel RCA 1/2m (sudah siap pakai).

Spesifikasi :

- CMOS Color
- Video & Audio Output
- Power 8-12VDC (dapat menggunakan Baterai kotak 9 Volt – namun disarankan accu karena infrared cukup menguras daya baterai- atau adaptor)
- 6 mini LED Infra Red
- 4 mm Lens
- Aluminium die cast material
- Frequency 1.2GHz (frekuensi yg dipancarkan tidak dapat ditangkap/diterima pesawat televisi)
- Dimension: 3 x 3.5 cm
- Sensitivitas : +18 dB

2.8 Video Sender

Video Sender ini adalah merupakan alat untuk memancarkan siaran video melalui gelombang TV. Alat berupa kotak pemancar dengan built in antena. Sinyal video dan audio dari VCD/DVD (atau alat lain yang ingin dipancarkan) dicolokkan ke alat ini. Penerimaan melalui saluran channel TV itu sendiri (pada gelombang VHF). Misalnya untuk memancarkan siaran dari VCD/DVD sebanyak TV di rumah. Alat ini dapat pula diaplikasikan untuk memancarkan hasil gambar dari kamera CCTV ke beberapa TV yang ada di rumah atau kantor.



Gambar 2.15 Video Sender

Sumber: <http://sumberlistrik.com/>. Diakses pada tanggal 1 juli 2014